

①⑨ 日本国特許庁 (JP)

① 特許出願公開

①② 公開特許公報 (A)

昭55—113974

⑤ Int. Cl.<sup>3</sup>  
G 01 S 15/58  
G 01 F 1/66

識別記号

庁内整理番号  
7741—5 J  
7625—2 F

④③ 公開 昭和55年(1980)9月2日

発明の数 2  
審査請求 未請求

(全 11 頁)

④④ ドップラーシフトを利用した超音波流速流量計

東京都中央区銀座1丁目3番1号株式会社荏原電産内

④① 特 願 昭54—20222

④① 出 願 人 株式会社荏原製作所

④② 出 願 昭54(1979)2月24日

東京都大田区羽田旭町11番1号

④② 発 明 者 安田興七郎

④① 出 願 人 株式会社荏原電産

東京都大田区羽田旭町11番1号

東京都中央区銀座1丁目3番1号

株式会社荏原製作所内

④④ 代 理 人 弁理士 尾崎光三

④② 発 明 者 佐藤征雄

明 細 書

1 発明の名称

ドップラーシフトを利用した超音波流速流量計。

2 特許請求の範囲

(1) 送信する超音波信号ビームの軸が管路の中心軸に対して特定の角度を有するように配置された送信用トランスジューサとそれに隣接して配設された受信用トランスジューサとを管路の管壁に設け、かつ、送信用トランスジューサに供給する電気信号の周波数と受信用トランスジューサが出力する電気信号の周波数との差を検出する手段、及び上記両周波数の差に基づいて被測定流体の流速若しくは流量を表わす信号を得る手段を有することを特徴とする超音波流速流量計。

(2) 送信する超音波信号ビームの軸が管路の中心軸に対して特定の角度を有し、被測定流体

の速度ベクトルのビーム軸方向の成分が管路の中心軸に向うように配設された第一の送信用トランスジューサとそれに隣接して配設された第一の受信用トランスジューサ及び送信する超音波信号ビームの軸が管路の中心軸に対して特定の角度を有し、被測定流体の速度ベクトルのビーム方向の成分が管路の中心軸と反対の方向に向うように配設された第二の送信用トランスジューサとそれに隣接して配設された第二の受信用トランスジューサとを管路の管壁に被測定流体を隔てて対向設け、かつ、第一の送信用トランスジューサに供給する電気信号の周波数と第一の受信用トランスジューサが出力する電気信号の周波数との第一の差の周波数を検出する手段、第二の送信用トランスジューサに供給する電気信号の周波数と第二の受信用トランスジューサが出力する電気信号との第二の差の周波数を検出する手段、前記第一の差の周波数に対応する信号から前記第二の差の周波数に対応する信

号を減算する手段、及び上記の減算する手段から得られる信号に基づいて被測定流体の流速若しくは流量を表わす信号を得る手段を有することを特徴とする超音波流速流量計。

- (3) 第一及び第二の送信用トランスジューサに電気信号を供給する発振器、上記発振器の出力信号と第一の受信用トランスジューサの出力信号とを混合する第一のミキサ、第一のミキサの出力信号の中から前記発振器の出力信号の周波数と第一の受信用トランスジューサの出力信号の周波数との第一の差の周波数を選択する第一の低域通過フィルタ、第一の低域通過フィルタの出力信号にตอบสนองして第一の差の周波数に対応する出力信号を出力する第一の周波数弁別器、前記発振器の出力信号と第二の受信用トランスジューサの出力信号とを混合する第二のミキサ、第二のミキサの出力信号の中から前記発振器の出力信号の周波数と第二の受信用トランスジューサの出力信号の周波数との第二の差の周波数を選択する

( 3 )

との第二の差の周波数を選択する低域通過フィルタ、上記低域通過フィルタの出力信号にตอบสนองして前記第一の差の周波数若しくは前記第二の差の周波数に対応する出力信号を交互に出力する周波数弁別器、上記周波数弁別器が出力する出力信号をデジタル信号に変換するアナログデジタル変換器、及び上記アナログデジタル変換器が出力する前記第一の差の周波数に対応するデジタル信号から前記第二の差の周波数に対応するデジタル信号を減算する演算装置を有する特許請求の範囲2記載の超音波流速流量計。

### 3 発明の詳細な説明

この発明はドップラシフトを利用した超音波流速流量計に関するもので、送信用トランスジューサから流体に含まれる固体粒子に対して送出した超音波信号の受信用トランスジューサに向う反射波に関するドップラシフトを計測することによって管路の管壁付近における被測

( 5 )

第二の低域通過フィルタ、第二の低域通過フィルタの出力信号にตอบสนองして、第二の差の周波数に対応する出力信号を出力する第二の周波数弁別器、及び前記第一の周波数弁別器が出力する出力信号から第二の周波数弁別器が出力する出力信号を減算する差動増幅器を有することを特徴とする特許請求の範囲2記載の超音波流速流量計。

- (4) 第一及び第二の送信用トランスジューサに電気信号を供給する発振器、第一及び第二の受信用トランスジューサの出力信号を受けてこれらを交互に切換えて出力する切換器、上記切換器によって交互に供給される第一及び第二の受信用トランスジューサの出力信号と前記発振器の出力信号とを混合するミキサ、上記ミキサの出力信号の中から前記発振器の出力信号の周波数と第一の受信用トランスジューサの出力信号との第一の差の周波数若しくは前記発振器の出力信号の周波数と第二の受信用トランスジューサの出力信号の周波数

( 4 )

定流体の流速を測定するようにした超音波流速流量計を提供することを目的とする。

従前の超音波流速流量計の多くは被測定流体の流速ベクトルの成分を受けるような角度をもって流体中に設けられた伝ばん路を伝ばんする超音波の伝ばん速度が被測定流体の流速に依って変化することを利用するものであった。このような超音波流速流量計は液体の被測定流体中に気泡若しくは固形物が存在すると、超音波の伝ばんが散乱によって妨げられるので被測定流体の流速を正確に測定することが困難であった。したがって、キャビテーションを伴うおそれのあるポンプやタンクを含む循環系に組み込まれていてタンクで抜気できないようなポンプの付近、浮遊物を含む汚濁液などの被測定流体が通過する管路に装備して流量測定を行うことができないという欠点があった。

この欠点を除去するためには、ドップラシフトを利用する超音波流速流量計がしばしば採用される。

( 6 )

第1図は従前のドップラーシフトを利用した超音波流速流量計の構成を示すブロック図であり、発振器1から周波数 $f_1$ の電気信号を受けた送信用トランスジューサ2はこれを周波数 $f_1$ の超音波信号に変換して送信する。この超音波信号は、プラスチックくさび3を通じて、管路4を通過する被測定流体5の中心軸6に対して角度 $\alpha$ でもって交叉する伝はん路7をビームを形成して伝はんし、中心軸6上を通過する固体粒子8に当たって反射する。反射波は中心軸6に対して同じく角度 $\alpha$ でもって交叉する伝はん路9を伝はんし、プラスチックくさび10を通じて受信用トランスジューサ11に受信する。このとき、管路4内の中心軸6上以外の箇所を通過する固体粒子に当る超音波信号は散乱してしまい、伝はん路9を伝はんすることがないので、受信用トランスジューサ11によって受信されることがない。伝はん路9を伝はんして受信用トランスジューサ11によって受信される超音波信号の周波数は固体粒子8の速度ベクトルの伝はん路9に向う

( 7 )

の伝はんが妨げられるので、中心軸6上の固体粒子まで到達する超音波信号が極度に減衰する。したがって、被測定流体の汚濁濃度が制約され、汚濁濃度の高い液体については流量の測定ができないという欠点を持っていた。

この発明は、上記の欠点を除去し、管路の管壁付近を通過する固体粒子から反射される超音波信号のドップラーシフトを利用して管壁付近における被測定流体の流速を測定することによって汚濁濃度の高い被測定流体の流量を測定することができるようにした超音波流速流量計を提供する。

第2図はこの発明の一実施例の構成をブロック図で示すものであり、送信用トランスジューサ2は管路4の外壁に密着して装着されたプラスチックくさび3の傾斜面上に受信用トランスジューサ11と隣接して固着される。

いま、発振器1から供給される $f_1$ の周波数を持つ電気信号が送信用トランスジューサ2でもって第3図Aに示すような周波数 $f_1$ の超音波信号

( 8 )

成分によるドップラー効果を伴うので、送信用トランスジューサ2から送信される超音波信号の周波数 $f_1$ よりも低い周波数 $f_2$ となる。受信用トランスジューサ11は受信された超音波信号を周波数 $f_2$ の電気信号に変換してこれをミキサ12に供給する。ミキサ12はこの電気信号と発振器1から供給される周波数 $f_1$ の電気信号とを混合して得られる電気信号を低域通過フィルタ13に供給する。低域通過フィルタ13は上記両電気信号の周波数の差、即ち、 $(f_1 - f_2)$ の周波数を持つ信号を出力する。このようにして得られた差の周波数に基づいて中心軸6上における流速を測定し、管路4内の平均流量を算出することができるものである。

しかし、このような従前のドップラーシフトを利用した超音波流速流量計では送信用トランスジューサ2が送信する超音波信号が伝はん路7を通過して中心軸6上の固体粒子8に到達することが前提となっているが、伝はん路7上にも多数の固体粒子が存在するときは、超音波信号

( 8 )

に変換されて送信される。この超音波信号は、プラスチックくさび3を通じて管路4の中心軸6に対して角度 $\alpha$ でもって交叉する軸7を持つビームを形成して送信される。送信された超音波信号は管路4の管壁付近を通過する固体粒子8に当り、その一部は反射して受信用トランスジューサ11によって受信される。このとき、送信用トランスジューサ2から第3図Aに示すような正弦波の超音波信号を送信すると、受信された超音波信号は第3図Bに示すようになり、その周波数は固体粒子8の速度ベクトルの軸7上中心軸6に向う成分によるドップラー効果を伴うので送信される超音波信号の周波数 $f_1$ よりも低い周波数 $f_2$ となる。更に、同図(4)に示すように受信される超音波信号は送信した超音波信号に対して遅延時間を持つ。この遅延時間 $t_d$ は超音波信号がプラスチックくさび3を通過して管路4内に至り、更に、被測定流体5中を伝はんして固体粒子8に到達し、反射して受信用トランスジューサ11によって受信されるま

( 10 )

での時間である。

固体粒子 8 が移動すると、次々と同質の固体粒子が連続的に軸 7 上に現われるので、第 3 図 B に示す正弦波信号は持続する。

第 3 図 C は軸 7 上、中心軸 6 に近い位置に存在する他の固体粒子 8' からの反射波の波形であり、その周波数は流速分布がほぼ均一であれば、近傍に存在する固体粒子 8 からの反射波の周波数  $f_1$  にほぼ等しい周波数  $f_1'$  となる。しかし、固体粒子 8 によって超音波信号が反射されてしまうので固体粒子 8' に到達する超音波信号は微弱であり、更に、固体粒子 8' からの反射波も固体粒子 8 によって遮られるので受信用トランスジューサ 11 によって受信される固体粒子 8' からの反射波は極度に減衰する。

したがって、このような構成において受信用トランスジューサ 11 によって受信される反射波の周波数は管路 4 の管壁付近における被測定流体の流速に基づくドップラースhiftによって定まるのであり、管路 4 の中心部を通過する流体は

( 11 )

って定まるものであり、流速との関係は以下の式に従う。

$$V = \frac{C (f_1 - f_1')}{2f_1 \cdot \cos \alpha} = K (f_1 - f_1')$$

ここに

V …… 管壁付近の流速

$\alpha$  …… 超音波信号ビームの軸が管路の中心軸と交叉する角度

C …… 超音波信号の伝ばん速度

K …… 定数

したがって、低域通過フィルタ 13 の出力信号を周波数弁別器 14 に供給すると、差の周波数  $(f_1 - f_1')$  に比例する出力電圧が得られ、更に、これを補正器 15 に供給して定数 K に対応するように電圧値を調整するとともに実測データに従って流速分布に基づく補正を行うことによって、

( 13 )

測定に關与しない。

第 3 図 C において  $t_2$  に示す遅延時間は、送信された超音波信号が固体粒子 8' までを往復するために必要な時間であり、固体粒子 8' が固体粒子 8 に比べて、送信用トランスジューサ 2 から離れているので、遅延時間  $t_1$  よりも大きな値となる。

受信用トランスジューサ 11 によって受信された超音波信号は周波数  $f_1$  の電気信号に変換されてミキサ 12 に供給される。ミキサ 12 は更に発振器 1 から周波数  $f_1$  の電気信号の供給をも受けて、周波数  $f_1$  の電気信号及び周波数  $f_1$  の電気信号のほか、第 3 図 D に示すような両信号の周波数の差に等しい周波数  $(f_1 - f_1')$  を持つ出力信号を低域通過フィルタ 13 に供給する。低域通過フィルタ 13 は周波数  $f_1$  及び  $f_1'$  に比べてはるかに低い周波数  $(f_1 - f_1')$  の信号成分を選択して出力する。

この周波数は前述のように管路 4 の管壁付近における被測定流体によるドップラースhiftによ

( 12 )

補正器 15 から管路 4 内の平均流速を求む出力電圧を得ることができる。

更に、上記の補正に加えて、管路 4 の断面積に関する定数を乗ずる補正を行えば、補正器 15 から流量を求む出力電圧を得ることができる。この発明の一実施例である超音波流速流量計では相互に隣接して設けられる送信用及び受信用トランスジューサ 2, 11 が唯一組であるので、送信用トランスジューサ 2 から送信される超音波信号の周波数  $f_1$  と受信用トランスジューサ 11 によって受信される超音波信号の周波数  $f_1'$  との差の周波数  $(f_1 - f_1')$  が利用できる唯一のドップラースhiftであった。したがって、被測定流体の流速が小さくなると、差の周波数  $(f_1 - f_1')$  もまた小さくなり、流速即ち流量を正確に測定することが困難になるという欠点を伴っていた。更に、超音波信号を反射する固体粒子 8 は平均的には管壁即ち中心軸 6 に平行に移動するのであるが、直線的に全く平行に移動するわけではなく、若干の蛇行運動を伴うので、その蛇行運

( 14 )

動に起因する速度ベクトルの軸7の方向に向う成分がこの固体粒子8から反射する超音波信号の周波数領域における誤差要因となり、受信用トランスジューサ11によって受信される超音波信号の周波数は $f_1$ を中心にして変動する。したがって、流速即ち流速の測定値も変動することとなり測定値が多量の誤差を含むという欠点もあった。

この発明に牽連する発明は、上記各々の欠点を除去するために二組の送信用及び受信用トランスジューサを用いて各々の受信用トランスジューサから得られる出力信号の差を求めることによってドップラースhiftによる周波数の偏移を倍増させるとともに固体粒子の蛇行運動等に起因する周波数領域における雑音成分を相殺するようにした超音波流速流量計を提供することを目的とする。

第4図はこの発明に牽連する発明の第一の実施例をブロック図で示すものであり、第二の送信用トランスジューサ2'は送信される超音波信号

ビームの軸7'が管路4の中心軸6に対して角度 $\alpha$ を有する位置を占めるようにブラスタックくさび10の傾斜面上に第二の受信用トランスジューサ11'に隣接して固着される。

いま、第一の送信用トランスジューサ2から送信された周波数 $f_1$ の超音波信号は固体粒子8に当たって反射し、第一の受信用トランスジューサ11によって受信されて電気信号に変換される。このとき、被測定流体5の速度ベクトルの軸7方向の成分が中心軸6に向うような角度に超音波信号ビームの軸7が形成されているので、固体粒子8の中心軸6方向の移動によるドップラースhiftを伴った反射波の周波数 $f_1$ は送信された超音波信号の周波数 $f_1$ よりも低くなる。

したがって、第一の送信用トランスジューサ2から周波数 $f_1$ の正弦波を送信すると、第一の受信用トランスジューサ11からは第5図Aに示すように周波数 $f_1$ の正弦波信号が得られる。

しかし、実際には、固体粒子8の蛇行運動に起因する軸7方向の速度ベクトルの成分の影響を

( 15 )

( 16 )

受けて第一の受信用トランスジューサ11によって受信される反射波の周波数、即ち、第一の受信用トランスジューサ11が出力する電気信号の周波数は $f_1$ を中心にして $\Delta f_1$ だけ変動する。増幅器16はこの電気信号を受けてこれを増幅して出力信号をミキサ12に供給する。このとき、増幅器16は自動振幅調整器17によって出力信号の振幅が常に一定になるように、その利得が調整されるので増幅器16の出力信号は一定の振幅に維持される。このように構成すると、第一の送信用及び受信用トランスジューサ2, 11の装着状況若しくは被測定流体に含まれる固体粒子8の性質などが変化しても、ミキサ12に供給される周波数 $f_1$ の電気信号の振幅が一定値に維持されるので、周波数弁別器14の入力信号の振幅変化に起因する測定誤差を小さくすることができる。

さて、ミキサ12及び低域通過フィルタ13は第2図を参照して説明したこの発明の一実施例の場合と同様に作動し、第5図Bに示すような周波

数 $f_1 - (f_1 \mp \Delta f_1)$ の低周波信号を周波数弁別器14に供給する。周波数弁別器14はこの低周波信号の周波数にตอบสนองして、第5図Cに示すような出力信号を出力する。

同図において、 $\Delta E$ は第一の送信用及び受信用トランスジューサ2, 11でもって検知される固体粒子8の中心軸6方向の移動によるドップラースhift $f_1 - f_1$ に対応して出力される出力信号であり、 $\Delta E_1$ は固体粒子8の蛇行運動に起因する周波数の変動分 $\Delta f_1$ に対応して出力される脈流成分の実効値である。

一方、第二の送信用及び受信用トランスジューサ2', 11'も第一の送信用及び受信用トランスジューサ2, 11と同様に作動して第二の受信用トランスジューサ11'は周波数 $f_1'$ の電気信号を出力する。

しかし、第二の送信用及び受信用トランスジューサ2', 11'では、被測定流体5の速度ベクトルの軸7方向の成分が中心軸6と反対の方向に向うような角度に、超音波信号ビームの軸7'が形

( 17 )

( 18 )

成されているので、固体粒子8''の移動によるドップラーシフトを伴った反射波の周波数 $f_1'$ は送信された超音波信号の周波数 $f_1$ よりも高くなる。したがって、第二の受信用トランスジューサ11'からは第5図Dに示すように周波数 $f_1'$ を中心にして、 $\Delta f_1'$ だけその周波数に変動する正弦波信号が得られる。

この電気信号に応答して第二の増幅器16'、自動振幅調整器17'、ミキサ12'、低域通過フィルタ13'及び周波数弁別器14'が第一の受信用トランスジューサ11の出力信号を処理する場合と全く同様に作用して第二の周波数弁別器14'には第5図Eに示すように周波数 $(f_1' \pm \Delta f_1')$ の低周波信号が供給され、同図Fに示すような出力信号が得られる。同図Fにおいて $\Delta E'$ は第二の送信用及び受信用トランスジューサ2', 11'で検知されるドップラーシフト $f_1' - f_1$ に対応して出力される出力信号であり、 $\Delta E_1'$ は固体粒子8''の蛇行運動に起因する周波数の変動分 $\Delta f_1'$ に対応して出力される脈流成分の実効値である。通常の管

( 19 )

のみを使用する場合に比べてほぼ2倍の出力電圧を得ることができる。

一方、固体粒子8, 8''の中心軸6に対称な蛇行運動については第一及び第二の受信用トランスジューサ11, 11'が相互に同一方向のドップラーシフトを受けるように配置されている。しかも、管路4を通過する被測定流体5の対向する管壁付近に含まれる固体粒子8及び8''の蛇行運動は中心軸6に対称な速度成分を多く持ち、互に相関性があるので、例えば、第5図Cにおいて(a)に示すように第一の周波数弁別器14の出力信号の脈流成分が増加すると、同図Fにおいて(a')に示すように第二の周波数弁別器14'の出力信号も同じ方向に変化する確率が高い。

したがって、第5図Gに示すような両信号の差信号では、脈流成分 $\Delta E_1$ と $\Delta E_1'$ 、即ち、固体粒子8, 8''の蛇行運動に起因する周波数領域における雑音成分が相殺される。

上記の作用を式で表わすと以下のようなになる。まず、固体粒子8の中心軸6方向の速度ベクト

( 21 )

特開昭55-113974(6)

路を均一の被測定流体が通過する場合には、流速分布が中心軸6に対して対称となるので、 $\Delta E$ と $\Delta E'$ 、また、 $\Delta E_1$ と $\Delta E_1'$ の絶対値は相互にほぼ等しい値となる。

次に、差動増幅器18は第一の周波数弁別器14から出力される第5図Cに示すような出力信号と第二の周波数弁別器14'から出力される同図Fに示すような出力信号とを受けて前者から後者を減ずることによって同図Gに示すような出力信号を補正器15に供給する。即ち、第一及び第二の受信用トランスジューサ11, 11'は固体粒子8, 8''の中心軸6方向の移動によって、相互に逆方向のドップラーシフトを受けるような角度に配置されているので、第5図Cにおいて $\Delta E$ 、同図Fにおいて $-\Delta E'$ に示すように固体粒子8, 8''の中心軸6方向の移動速度に対応する出力信号は相互に逆極性となり、移動速度の変化に応じて相互に逆方向に変化する。したがって、両信号の差信号は第5図Gに示すように $\Delta E + \Delta E'$ の出力信号となり、第一の受信用トランスジューサ11

( 20 )

ルを $V_1$ 、同じく、固体粒子8''のそれを $V_2$ とすると、

$$V_1 = u_1 + \Delta u_1 \quad V_2 = u_2 - \Delta u_2$$

ここに $u_1, u_2$ はそれぞれ固体粒子8, 8''の中心軸6方向の平均流速のベクトルであり、 $\Delta u_1, \Delta u_2$ はそれぞれ固体粒子8, 8''の蛇行運動により生ずる速度変動分の中心軸6方向の成分のベクトルである。

一方、ドップラーシフトと被測定対象の速度との関係は以下の式で表わされることが知られている。

$$\Delta f = f_1 - f_r = \frac{2f_1 V}{C} \cos \alpha$$

ここに

$\Delta f$  …… ドップラーシフト  
 $f_1$  …… 送信信号の周波数  
 $f_r$  …… 受信信号の周波数

( 22 )

C …… 送受信信号の伝はん速度

V …… 被測定対象の速度

$\alpha$  …… 送受信信号の伝はん路の方向と被測定対象の移動方向とのなす角

したがって、第4図における第一の送受信用トランスジューサ2, 11によって検知されるドップラーシフト  $df_1$  は

$$df_1 = f_1 - (f_1 \mp df_{1N}) = \frac{2f_1}{C} (u_1 + du_1) \cos \alpha$$

となり、同様に第二の送受信用トランスジューサ2', 11'によって検知されるドップラーシフト  $df_2$  は

$$df_2 = (f_1' \pm df_{1N}') - f_1 = -\frac{2f_1}{C} (u_2 - du_2) \cos \alpha$$

となる。

そこで、差動増幅器18を用いて上記の両ドップラーシフトの差を求めると

( 23 )

となるので、右辺第一項は  $\frac{4f_1}{C} u_1 \cos \alpha$  となり、中心軸6方向の平均流速に基づくドップラーシフトが2倍になることを示している。

第6図はこの発明に牽連する発明の第二の実施例をブロック図で示すものであり、制御器22から制御信号を送り、切換器23を操作して第一の受信用トランスジューサ11からの電気信号を増幅器16に供給すると、前記第一の実施例の場合と同様に作動して周波数弁別器14から、第5図Gに示すような出力信号が得られる。アナログデジタル変換器19はこの出力信号をデジタル信号に変換してメモリ20に供給する。

この処理が終了すると、制御器22は再度、制御信号を送り、切換器23を操作して、今度は、第二の受信用トランスジューサ11'からの電気信号を増幅器16に供給する。前記同様に周波数弁別器14は第5図Fに示すような出力信号をアナログデジタル変換器19に供給し、アナログデジタル変換器19はこれをデジタル信号に変換して、メモリ20に記憶させる。この処理が終了

( 25 )

特開昭55-113974(7)

$$\begin{aligned} df_1 - df_2 &= \left\{ (f_1 - f_1) + (f_1 - f_1') \right\} + (df_{1N} - df_{1N}') \\ &= \frac{2f_1}{C} (u_1 + u_2) \cos \alpha + \frac{2f_1}{C} (du_1 - du_2) \cos \alpha \end{aligned}$$

となる。上式において右辺第一項は平均流速に基づくドップラーシフトを表わし、同第二項は蛇行運動に起因するドップラーシフトを表わしている。

したがって、固体粒子8, 8''が完全に軸対称に蛇行するとき、上式において

$$du_1 = du_2$$

となるので、右辺第二項は0となり、周波数領域での雑音成分が完全に相殺されることを示している。

一方、固体粒子8, 8''の中心軸6方向の平均流速が等しいときは、上式において

$$u_1 = u_2$$

( 24 )

すると、制御器22は演算装置21に指令を送り、メモリ20に記憶された第一の受信用トランスジューサ11の出力信号に対応するデジタル信号と第二の受信用トランスジューサ11'の出力信号に対応するデジタル信号とをメモリ20から読み出して前者から後者を減算する。このようにして、第5図Gに示すような出力信号に相当するデジタル信号がデジタル演算処理によって得られる。補正器15は、演算装置21からデジタル信号を受けて流速分布に基づく補正及び流量表示のための係数補正をデジタル信号の処理によって行う。

このような構成では、増幅器16、ミキサ12、周波数弁別器14を時分割で使用するのでこれらの構成要素の台数を半減させることができる。

なお、この発明に牽連する発明の実施例では、第二の送信用トランスジューサ2'の超音波信号ビームの軸7'を第一の送信用トランスジューサ2の超音波信号ビームの軸7の延長線上に位置させているが、第二の送信用及び受信用トラン

( 26 )

スジューサ2', 11'をこのような位置に装着しなければならぬのではなく、例えば、中心軸6と直交する線上に被測定流体5を隔てて第一及び第二の送信用トランスジューサ2, 2'を対向させるように配置してもよい。このようにすると固体粒子8, 8''が超音波信号を反射する位置が中心軸6に対して軸対称となるので、固体粒子8, 8''の蛇行運動による周波数変動をより完全に相殺することができる。

また、第二の送信用トランスジューサ4の超音波信号ビームの軸7'が中心軸6と交叉する角度を第一の送信用トランスジューサ2の超音波信号ビームの軸7が中心軸6と交叉する角度に等しくしているが、この角度は相互に相違していてもよい。このように構成した場合でも差動増幅器18の各入力信号に対する利得を調整することによって周波数変動に対応する脈流成分を十分に相殺することができるとともに固体粒子8, 8''の中心軸6方向の移動によるドップラーシフトに対応する出力信号をほぼ2倍に保つこ

( 27 )

スジューサ及び送信する超音波信号ビームの軸が管路の中心軸に対して特定の角度を有し、被測定流体の速度ベクトルのビーム軸方向の成分が管路の中心軸と反対の方向に向うように配置された第二の送信用トランスジューサとそれに隣接して配置された第二の受信用トランスジューサとを管路の管壁に被測定流体を隔てて対向設置し、第一の受信用トランスジューサの出力信号の周波数偏移に対応する直流若しくはデジタル信号から第二の受信用トランスジューサの出力信号の周波数偏移に対応する直流若しくはデジタル信号を減算することによって、被測定流体に含まれる固体粒子の管路の中心軸方向への移動によるドップラーシフトに対応する信号を倍増させるとともに、固体粒子が管路の中心軸に対称に移動する際に生ずる中心軸に直交する方向への速度成分によるドップラーシフトに対応する信号を相殺させるようにした超音波流速流量計を提供する。

この発明に牽連する発明によれば、固体粒子の

( 29 )

とができる。

以上のように、この発明は、送信する超音波信号ビームの軸が管路の中心軸に対して特定の角度を有するように配置された送信用トランスジューサとそれに隣接して配置された受信用トランスジューサとを管路の管壁に設けることによって管壁付近を通過する固体粒子から反射される超音波信号のドップラーシフトを利用して管壁付近における被測定流体の流速を測定するように構成した超音波流速流量計を提供する。

この発明によれば、管路の中心部の流体を測定に關与させることなく、管路の管壁付近の固体粒子のみを利用してゐるので、汚濁濃度の高い被測定流体の流速を正確に測定することができる。更に、この発明に牽連する発明は送信する超音波信号ビームの軸が管路の中心軸に対して特定の角度を有し、被測定流体の速度ベクトルのビーム軸方向の成分が管路の中心軸に向うように配置された第一の送信用トランスジューサとそれに隣接して配置された第一の受信用トラ

( 28 )

中心軸方向への移動によるドップラーシフトに対応する信号が倍増するので、被測定流体の流速が小さい場合でも、正確に流量の測定を行うことができる。更に、固体粒子の蛇行運動に起因する周波数領域での雑音成分を相殺できるので、被測定流体の流速分布が動揺する場合でも正確な流速流量測定を行うことができる。

#### 4 図面の簡単な説明

第1図は従前のドップラーシフトを利用した超音波流速流量計の構成を示すブロック図である。

第2図はこの発明の一実施例であるドップラーシフトを利用した超音波流速流量計の構成を示すブロック図である。

第3図は第2図に示す構成の主要部の波形を示す。

第4図はこの発明に牽連する発明の第一の実施例であるドップラーシフトを利用した超音波流速流量計の構成を示すブロック図である。

( 30 )

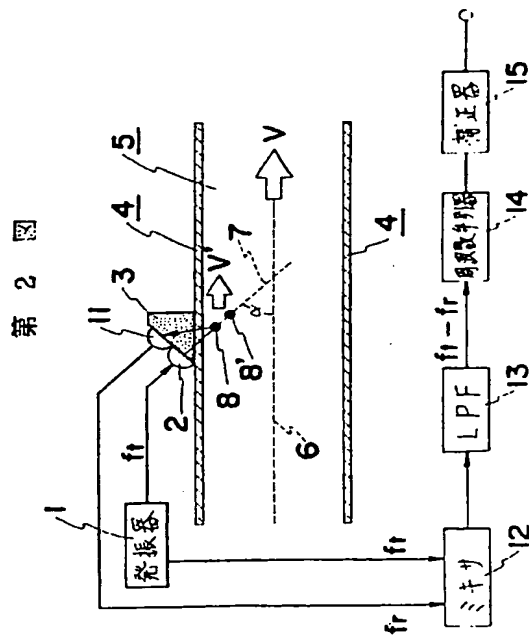
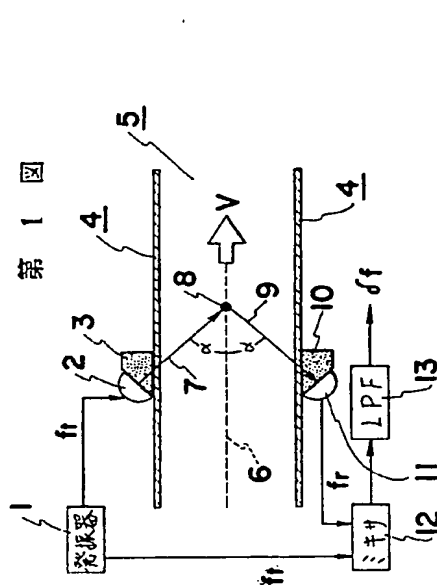


第5図は第4図に示す構成の主要部の波形を示す。

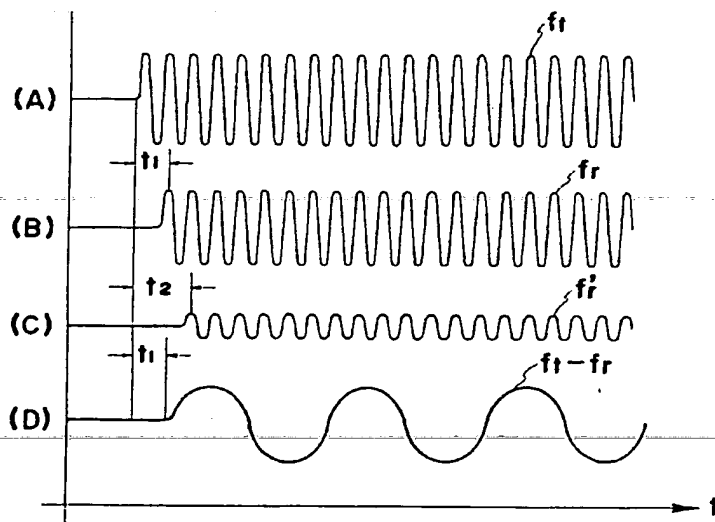
第6図はこの発明に牽連する発明の第二の実施例の構成を示すブロック図である。

- 1 …… 発振器
- 2, 2' …… 送信用トランスジューサ
- 3, 10 …… プラスチックくさび
- 4 …… 管路
- 5 …… 被測定流体
- 6 …… 管路の中心軸
- 7 …… 超音波信号ビームの軸
- 8, 8', 8'' …… 固体粒子
- 11, 11' …… 受信用トランスジューサ
- 12, 12' …… ミキサ
- 13, 13' …… 低域通過フィルタ
- 14, 14' …… 周波数弁別器
- 15 …… 補正器
- 16, 16' …… 増幅器
- 17, 17' …… 自動振幅調整器
- 18 …… 差動増幅器

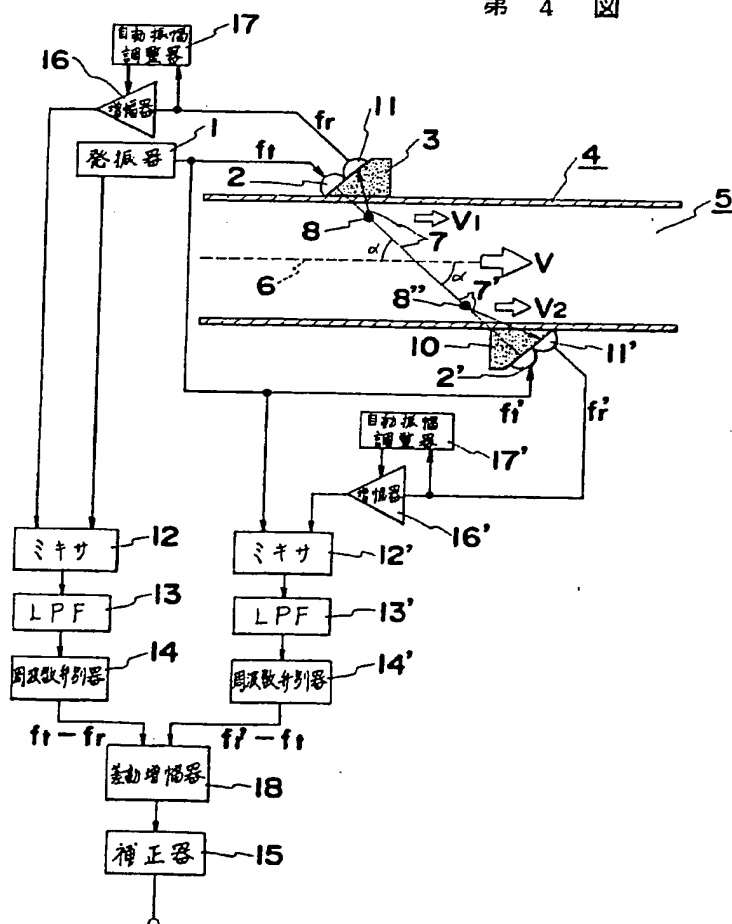
( 31 )



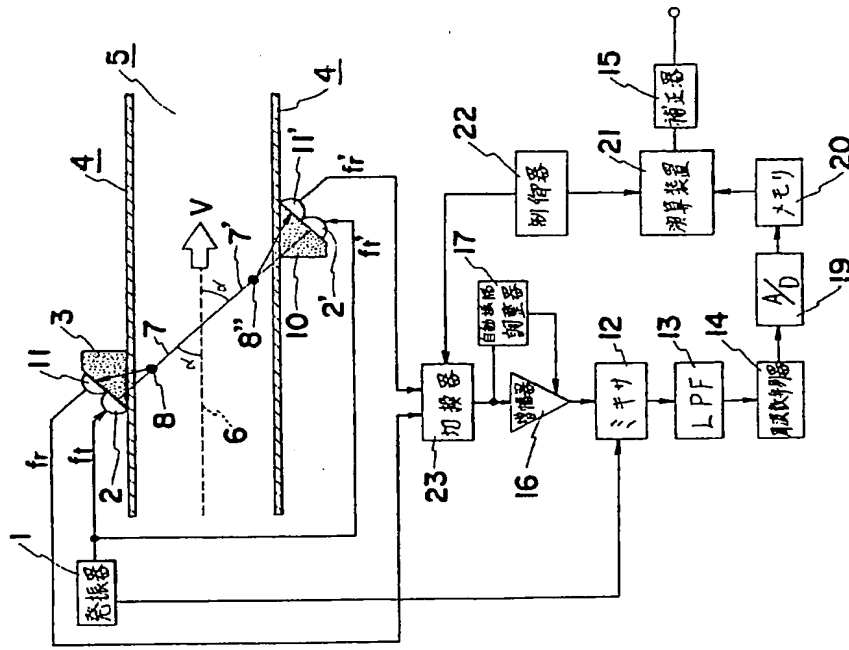
第 3 図



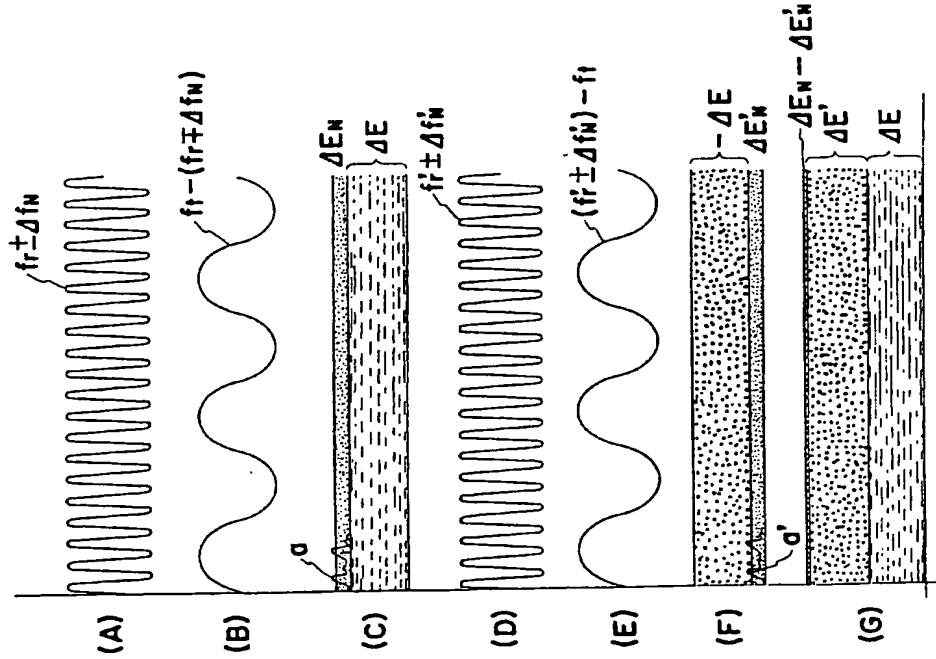
第 4 図



第 6 図



第 5 図



---

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**